

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-77409  
(P2000-77409A)

(43) 公開日 平成12年3月14日 (2000.3.14)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 1 L 21/3205

識別記号

F I  
H 0 1 L 21/88

テーマコード<sup>\*</sup> (参考)  
K 5 F 0 3 3

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平10-245742

(22) 出願日 平成10年8月31日 (1998.8.31)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72) 発明者 池田 雅延

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 100091672

弁理士 岡本 啓三

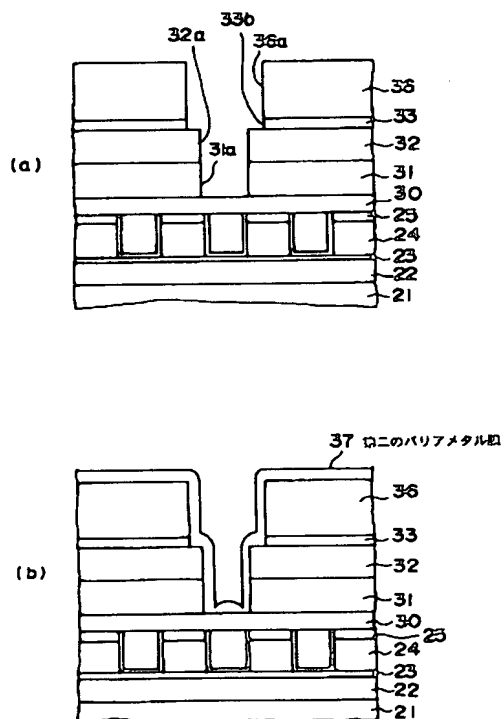
Fターム (参考) 5F033 AA04 AA13 AA28 AA29 AA63  
AA64 AA66 AA73 BA17 BA25  
BA37 BA41 DA04 DA06 DA08  
DA34 DA36 DA38 EA03 EA05  
EA25 EA28 EA29 EA32 FA03

(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 ダマシン法により配線又はビアを形成する工程を有する半導体装置の製法に関し、有機絶縁膜に形成される開口形状を精度良く形成するとともに開口の側壁に形成されるメタルを従来よりも薄くすること。

【解決手段】 無機絶縁膜31の上又は下に有機絶縁膜32(30)を形成し、無機絶縁膜31に第一の開口31aを形成し、有機絶縁膜32に第二の開口32aを形成し、無機絶縁膜31の第一の開口31aと有機絶縁膜32の第二の開口32aに沿って金属膜37を形成し、次いで、無機絶縁膜31と有機絶縁膜32を所望の温度まで加熱した後にその加熱を停止して所定時間放置し、さらに、金属膜37にエッチングガスを供給して無機絶縁膜31と有機絶縁膜32の減衰温度の違いによって無機絶縁膜31の第一の開口31aに金属膜37を残したまま有機絶縁膜32の第二の開口32aから金属膜37をエッチングして選択的に除去する工程とを含む。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体基板の上方において無機絶縁膜の上又は下に有機絶縁膜を形成する工程と、

前記無機絶縁膜に第一の露出面を形成し、前記有機絶縁膜に第二の露出面を形成する工程と、

前記無機絶縁膜の前記第一の露出面と前記有機絶縁膜の前記第二の露出面に沿って金属膜を形成する工程と、

前記無機絶縁膜と前記有機絶縁膜を所望の温度まで加熱する工程と、

前記無機絶縁膜と前記有機絶縁膜の加熱を停止して所定時間放置する工程と、

前記金属膜にエッチングガスを供給して前記無機絶縁膜と前記有機絶縁膜の温度の減衰速度の違いによって前記無機絶縁膜の前記第一の露出面に前記金属膜を残したままで前記有機絶縁膜の前記第二の露出面から前記金属膜をエッチングして選択的に除去する工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項2】前記第一の露出面と前記第二の露出面の少なくとも一方は開口であることを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項3】半導体基板の上方において有機絶縁膜の上に無機絶縁膜を形成する工程と、

前記無機絶縁膜をパターンニングして開口を形成する工程と、

前記無機絶縁膜のうちの前記開口の内周面と前記開口の下の前記有機絶縁膜の露出面に沿って金属膜を形成する工程と、

前記無機絶縁膜と前記有機絶縁膜を所望の温度まで加熱する工程と、

前記無機絶縁膜と前記有機絶縁膜の加熱を停止して所定時間放置する工程と、

前記金属膜にエッチングガスを供給して前記無機絶縁膜と前記有機絶縁膜の温度の減衰速度の違いによって前記無機絶縁膜の前記開口の内周面に前記金属膜を残したままで前記有機絶縁膜の前記露出面から前記金属膜をエッチングして選択的に除去する工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項4】前記無機絶縁膜の上には有機材料よりなるマスクパターンが形成され、

前記金属膜は前記マスクパターンの露出面に沿って形成され、

前記マスクパターンは、前記有機絶縁膜とともに加熱され、その後加熱が停止され、

前記マスクパターンの前記露出面に存在する前記金属膜は、前記有機絶縁膜の上面に存在する前記金属膜とともに除去されることを特徴とする請求項3記載の半導体装置の製造方法。

【請求項5】前記無機絶縁膜の前記開口の前記内周面にのみ残された前記金属膜の表面を通して前記有機絶縁膜にエッチングガスを供給することにより、前記有機絶縁

膜を異方性エッチングして下側の開口を形成する工程を有することを特徴とする請求項3記載の半導体装置の製造方法。

【請求項6】前記開口と前記下側の開口には、銅膜が埋め込まれることを特徴とする請求項5記載の半導体装置の製造方法。

【請求項7】前記無機絶縁膜の上には上側の有機絶縁膜が形成され、

前記上側の有機絶縁膜の上には上側の無機絶縁膜が形成され、

前記上側の無機絶縁膜には前記開口よりも広い配線用開口が形成され、

前記上側の有機絶縁膜には前記配線用開口よりも狭いビア形状開口が形成され、

前記無機絶縁膜に形成される前記開口は、前記上側の有機絶縁膜をマスクにしてエッチングにより形成され、

前記金属膜は、前記上側の無機絶縁膜の前記配線用開口の内周と前記上側の有機絶縁膜の前記ビア形状開口の内面にも形成され、

20 前記金属膜を前記有機絶縁膜の前記露出面から選択的に除去する際には、前記上側の有機絶縁膜の前記ビア形状開口の内面からも選択的に除去され、

前記無機絶縁膜の開口を通して前記有機膜をエッチングして下側のビア形状開口を形成するとともに、前記上側の無機絶縁膜の前記配線用開口を通して前記上側の有機絶縁膜に下側の配線用開口を形成する工程と、

前記配線用開口と前記下側配線用開口と前記開口と前記下側のビア形状開口内に導電膜を埋め込む工程とをさらに有することを特徴とする請求項3記載の半導体装置の製造方法。

30 【請求項8】前記無機絶縁膜はシリコン酸化膜であり、前記金属膜は高融点金属膜であることを特徴とする請求項3又は請求項7記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】  
【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置の製造方法に関し、より詳しくは、ダマシン法により配線又はビアを形成する工程を含む半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体素子の高集積化とチップサイズの縮小化にともない、配線の微細化及び多層配線化が加速的に進められている。こうした多層配線を有するロジックデバイスにおいては、配線がデバイス信号遅延の支配的な要因の1つになりつつある。デバイスの信号遅延は配線抵抗と配線容量の積に比例しており、配線遅延の改善のためには配線抵抗及び配線容量の軽減が重要となってくる。

【0003】そこで、配線容量を低減するために、炭化水素系有機材料やフルオロカーボン系有機材料などを層

間絶縁膜に用いることが検討されている。それらの材料は誘電率2.3~2.5であり、従来の絶縁材料である $\text{SiO}_2$ と比較すると約40%程度誘電率が低い。また、配線抵抗の低減のために従来のアルミニウム配線から低抵抗の銅配線へと移行しようとしている。

【0004】一方、多層配線形成技術においては、銅のドライエッチングが困難であるために配線とその下のビアを同時に形成するデュアルダマシンプロセスが今後主流となると考えられている。デュアルダマシンプロセスは、概ね次のようになっている。例えば、図1(a)に示すように、シリコン基板1の上に第一の低誘電率有機絶縁膜2、第一の酸化シリコン膜3を形成した後に、フォトリソグラフィ法によって第一の低誘電率有機絶縁膜2と第一の酸化シリコン膜3に第一の配線用溝4を形成する。その後、第一の配線用溝4の内面と第一の酸化シリコン膜3の上面に窒化チタンよりなる第一のバリアメタル膜5aを形成し、さらに第一のバリアメタル膜5aの上に第一の銅膜5bを形成した後に、第一の銅膜5bを加熱して埋め込み性を改善する。そして、化学機械的研磨(CMP)法によって第一のバリアメタル5aと第一の銅膜5bを第一の酸化シリコン膜3上から除去すると同時に平坦化を行う。これにより第一の配線用溝4の中に残った第一の銅膜5bを第一の配線5として使用する。

【0005】次に、図1(b)に示すように、第一の配線5と第一の酸化シリコン膜3の上に第二の低誘電率有機絶縁膜6、第二の酸化シリコン膜7、第三の低誘電率有機絶縁膜8、第三の酸化シリコン膜9を順に形成する。その後、例えば特開平10-112503号公報、特開平9-55429号公報に記載されているような方法によって、図1(c)に示すように、第二の低誘電率有機絶縁膜6、第二の酸化シリコン膜7にビアホール10を形成するとともに、第三の低誘電率有機絶縁膜8、第三の酸化シリコン膜9に第二の配線用溝11を形成する。

【0006】この後に、ビアホール10の内面と配線用溝11の内面に沿って第二のバリアメタルを形成し、さらに、第二のバリアメタル膜の上に第二の銅膜を形成し、それらの膜をCMP法によって研磨して、ビアホール10の中に残った第二の銅膜をビアとして使用し、第二の配線用溝11の中に残った第二の銅膜を第二の配線として使用する。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、有機絶縁膜をエッチングする際には酸素プラズマを用いているが、有機絶縁膜は酸素プラズマに対してエッチング耐性がないために、図2(a)に示すように、小径のビアホール10が形成される第二の有機絶縁膜3のエッチングが等方的になりやすい。

【0008】そのためにビアホール10内に形成されるバリアメタル膜12のカバレッジが図2(b)に示すよう

に悪くなるとともに、ビアホール10内に形成される銅膜に空洞が生じ易くなって配線不良が生じる原因となる。これまでにサイドエッチングが入らないように全面にプラズマ $\text{SiO}_2$ 、プラズマ $\text{SiN}$ などをビアホール10および配線用溝11に堆積し、異方性エッチングにより側壁にのみ保護膜を残す試みはなされている。そのような技術は、例えば特開平5-183162、特開平9-69560に記載されている。ところがこの方法を有機低誘電率膜に適用しても有機低誘電率膜のエッチング中にはプラズマ中の酸素ラジカルあるいは水素ラジカルはプラズマ $\text{SiO}_2$ (比誘電率4.1)、プラズマ $\text{SiN}$ (比誘電率7.5)とは反応消滅しないためにエッチング形状不良の問題は解決しない。さらにこれらの膜は比誘電率がそれぞれ4.1、7.5と高いために低誘電率膜を層間絶縁膜に用いる効果が薄れる。

【0009】また、第二の配線用溝11の幅が0.25 $\mu\text{m}$ 以下になると、第二の配線用溝11内で第三の低誘電率有機絶縁膜8と第三の酸化シリコン膜9の側面に形成されるバリアメタル膜12の膜厚がその側方に形成される銅膜13の厚さと同じかあるいはそれ以上になってしまう。このため、配線抵抗はバリアメタルの抵抗によって決定されるので、ビアに銅を埋め込む優位性が失われてしまう。

【0010】本発明は、有機絶縁膜に形成される開口の形状を精度良くするとともに、絶縁膜の開口の内周面に形成される金属膜を従来よりも薄くすることができるダマシンプロセスを含む半導体装置の製造方法を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記した課題は、図5~図7に例示するように、半導体基板の上方において無機絶縁膜の上又は下に有機絶縁膜を形成する工程と、前記無機絶縁膜に第一の露出面を形成し、前記有機絶縁膜に第二の露出面を形成する工程と、前記無機絶縁膜の前記第一の露出面と前記有機絶縁膜の前記第二の露出面に沿って金属膜を形成する工程と、前記無機絶縁膜と前記有機絶縁膜を所望の温度まで加熱する工程と、前記無機絶縁膜と前記有機絶縁膜の加熱を停止して所定時間放置する工程と、前記金属膜にエッチングガスを供給して前記無機絶縁膜と前記有機絶縁膜の温度の減衰速度の違いによって前記無機絶縁膜の前記第一の露出面に前記金属膜を残したままで前記有機絶縁膜の前記第二の露出面から前記金属膜をエッチングして選択的に除去する工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法によって解決する。

【0012】上記した課題は、前記第一の露出面と前記第二の露出面の少なくとも一方は開口であることを特徴とする。上記した課題は、図5~図7に例示するように、半導体基板1の上方において有機絶縁膜30の上に無機絶縁膜31を形成する工程と、前記無機絶縁膜31

をパターンニングして開口31aを形成する工程と、前記無機絶縁膜31のうちの前記開口31aの内周面と前記開口31aの下の前記有機絶縁膜30の露出面に沿って金属膜37を形成する工程と、前記無機絶縁膜31と前記有機絶縁膜30を所望の温度まで加熱する工程と、前記無機絶縁膜31と前記有機絶縁膜30の加熱を停止して所定時間放置する工程と、前記金属膜37にエッチングガスを供給して前記無機絶縁膜31と前記有機絶縁膜30の温度の減衰速度の違いによって前記無機絶縁膜31の前記開口31aの内周面に前記金属膜37を残したまま前記有機絶縁膜30の前記露出面から前記金属膜37をエッチングして選択的に除去する工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法により解決する。

【0013】上記した半導体装置の製造方法において、前記無機絶縁膜31の上には有機材料よりなるマスクパターン32(36)が形成され、前記金属膜37は前記マスクパターン32(36)の露出面に沿って形成され、前記マスクパターン32(36)は、前記有機絶縁膜30とともに加熱され、その後加熱が停止され、前記マスクパターン32(36)の前記露出面に存在する前記金属膜37は、前記有機絶縁膜30の上面に存在する前記金属膜37とともに除去されることを特徴とする。

【0014】上記した半導体装置の製造方法において、前記無機絶縁膜31の前記開口31aの前記内周面にのみ残された前記金属膜37の表面を通して前記有機絶縁膜30にエッチングガスを供給することにより、前記有機絶縁膜30を異方性エッチングして下側の開口30aを形成する工程を有することを特徴とする。この場合には、前記開口31aと前記下側の開口30aには銅膜41が埋め込まれる。

【0015】上記した半導体装置の製造方法は、シングルダマシン法にも適用できるが、次のような工程を加えることによってデュアルダマシン法にも適用できる。即ち、上記した半導体装置の製造方法において、前記無機絶縁膜31の上には上側の有機絶縁膜32を形成し、前記上側の有機絶縁膜32の上には上側の無機絶縁膜33が形成され、前記上側の無機絶縁膜33には前記開口31aよりも広い配線用開口33bが形成され、前記上側の有機絶縁膜32には前記配線用開口33bよりも狭いビア形状開口32aが形成され、前記無機絶縁膜31に形成される前記開口31aは、前記上側の有機絶縁膜32をマスクにしてエッチングにより形成され、前記金属膜37は、前記上側の無機絶縁膜33の前記配線用開口33bの内周と前記上側の有機絶縁膜32の前記ビア形状開口32aの内面にも形成され、前記金属膜37を前記有機絶縁膜30の前記露出面から選択的に除去する際には、前記上側の有機絶縁膜30の前記ビア形状開口32aの内面からも選択的に除去され、前記無機絶縁膜31の開口31aを通して前記有機膜30をエッチングし

て下側のビア形状開口30aが形成するとともに、前記上側の無機絶縁膜33の前記配線用開口33bを通して前記上側の有機絶縁膜32に下側の配線用開口32bを形成する工程と、前記配線用開口と前記下側配線用開口と前記開口と前記下側のビア形状開口30a内に導電膜を埋め込む工程とをさらに有することを特徴とする。

【0016】上記した半導体装置の製造方法において、前記無機絶縁膜はシリコン酸化膜であり、前記金属膜は高融点金属膜であることを特徴とする。次に、本発明の作用について説明する。本発明によれば、有機絶縁膜の上に無機絶縁膜を形成し、無機絶縁膜に開口を形成した後に、無機絶縁膜の開口の内周面とこの開口の下有機絶縁膜の露出面に沿って金属膜を形成し、続いて無機絶縁膜と有機絶縁膜を所望の温度まで加熱し、さらに、無機絶縁膜と有機絶縁膜の加熱を停止して所定時間放置した後に、金属膜にエッチングガスを供給して無機絶縁膜と有機絶縁膜の減衰温度の違いによって無機絶縁膜の開口の内周面に金属膜を残したまま有機絶縁膜の露出面から金属膜をエッチングして選択的に除去するようにした。

【0017】即ち、有機絶縁膜と無機絶縁膜の温度の減衰速度の違いによって、それらの露出面(例えば開口内周面)に形成された金属膜のエッチングレートを異ならせることによって無機絶縁膜の露出面(開口内周面)にのみ選択的に金属膜を残すようにした。この結果、シングルダマシン法やデュアルダマシン法を適用して有機絶縁膜と無機絶縁膜に配線用溝やビアホールを形成する際に、無機絶縁膜の開口の内周面にのみ金属膜を形成することができる。

【0018】無機絶縁膜の開口の内周面に残る金属は、わずかながらエッチングされて成膜時よりも薄くなるので、その開口の中にさらに導電膜(例えば銅)を埋め込む場合には、その埋め込みが容易になる。また、無機絶縁膜に形成された開口を通してその下の有機絶縁膜をエッチングする場合には、無機絶縁膜の開口の内周面に残された金属によって等方性エッチングをもたらすエッチャント数が減少するので、有機絶縁膜の異方性のエッチングが進み難くなって、垂直方向に異方性エッチングが進み易くなる。この結果、有機絶縁膜に形成される開口の寸法精度が従来よりも高くなる。

【0019】この場合、金属膜が形成される領域は、無機絶縁膜の開口の内周面と開口の直下の有機絶縁膜の上面であるために、金属膜は有機絶縁膜の上から選択的に除去されるので、有機絶縁膜に形成される開口の下方の下側配線の上に金属膜が残ることはなくなり、開口に埋め込まれる導電膜と下側配線とのコンタクト抵抗が従来よりも低くなる。

【0020】

【発明の実施の形態】そこで、以下に本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

(第1の実施の形態) 図3～図7は、半導体装置の配線とビアをデュアルダマシン法を用いて形成する工程を示している。

【0021】半導体装置における下側配線層の形成工程を図3(a)～図3(c)に基づいて説明する。まず、図3(a)に示すように、シリコン基板21の上に第一のシリコン酸化膜(SiO<sub>2</sub>膜)22、シリコン窒化膜23、第一の有機絶縁膜24、第二のシリコン酸化膜25を順に形成した後に、第一の有機絶縁膜24と第二のSiO<sub>2</sub>膜25をフォトリソグラフィー技術を用いて第一の配線用溝26を形成する。フォトリソグラフィー技術は、フォトレジストパターンとドライエッチングを用いるパターンニング方法である。

【0022】第一のシリコン酸化膜22と第二のシリコン酸化膜25はそれぞれプラズマCVD法により300nmの厚さ、150nmの厚さに形成され、また、シリコン窒化膜23はプラズマCVD法により50nmの厚さに形成されている。また、第一の有機絶縁膜24は、低誘電率絶縁材料をスピンコートにより400nmの厚さに形成したものである。低誘電率絶縁材料として、例えばアライドシグナル(Allied Signal)社製の商品名FLARE 2.0がある。商品名FLARE 2.0は芳香族系のポリマーで、その誘電率が2.8であってSiO<sub>2</sub>膜の誘電率4.1よりも低く、しかも耐熱性は400℃以上である。その他の低誘電率絶縁材として、ダウケミカル(Dow Chemical)社製の商品名SiLK、旭化成社製の商品名ALCAP、シュウマッハ(Shumacher)社製の商品名VELOXなどがあり、その他の炭化水素含有樹脂、フッ素含有樹脂などを用いてもよい。

【0023】次に、図3(b)に示すように、第一の配線用溝26の内面と第二のSiO<sub>2</sub>膜25の上面の上に、高融点金属としてTiNよりなる第一のバリアメタル膜27をスパッタリングにより50nmの厚さで成膜し、続いて、第一のバリアメタル膜27上に第一の銅(Cu)膜28をスパッタリングにより150nmの厚さで成膜し、ついで電解メッキにより第一のCu膜28をさらに800nmの厚さで形成した。

【0024】続いて、第一のCu膜28の埋め込み性の改善のために、第一のCu膜28を0.1Torr圧力の水素ガス雰囲気で、350℃、5分間の条件でアニール処理を行う。このアニール処理後には、第一の配線用溝26内には第一のCu膜28が完全に埋め込まれた状態となる。続いて、図3(c)に示すように、化学機械的研磨法(CMP法)を用いて第一のCu膜28と第一のバリアメタル膜27を研磨し、第一の配線用溝10内のみに第一のCu膜28及び第一のバリアメタル膜27を残し、これらを第一の配線29として使用する。

【0025】次に、図4(a)に示すように、第一の配線29と第二のSiO<sub>2</sub>膜25を覆う複数層の層間絶縁膜を形成する。第一の配線29と第二のSiO<sub>2</sub>膜25の上に、膜

厚200nmの第二の有機絶縁膜30と、膜厚550nmの第三のSiO<sub>2</sub>膜31と、膜厚400nmの第三の有機絶縁膜32と、膜厚150nmの第四のSiO<sub>2</sub>膜33を順に形成する。

【0026】第二の有機絶縁膜30と第三の有機絶縁膜32は、それぞれ第一の有機絶縁膜30に適用される上記した低誘電率絶縁材料のいずれかを用い、これをスピンコートした後に窒素雰囲気中で425℃で30分のキュアを行なうことによって形成される。また、第三のSiO<sub>2</sub>膜31と第四のSiO<sub>2</sub>膜33は、それぞれ成長温度350℃でシランと酸素含有ガスの混合ガスを用いてプラズマCVD法により形成される。

【0027】そのような複数の絶縁膜30～33を形成した後に、第四のSiO<sub>2</sub>膜33の上にフォトレジスト34を塗布し、これを露光、現像して第一の配線29の一部の上方位置にビアホールパターン形状の窓34aを形成する。続いて、フォトレジスト34をマスクに使用して、窓34aを通して第四のSiO<sub>2</sub>膜33をエッチングして開口33aを形成する。そのエッチングの際には、CF<sub>4</sub>、CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>及びArガスを用いた。そのエッチングガスはフルオロカーボン系なので、第四のSiO<sub>2</sub>膜33が選択的にエッチングされる一方で、その下の第三の有機絶縁膜32はあまりエッチングされない。

【0028】さらに、図4(b)に示すように、第四のSiO<sub>2</sub>膜33をマスクに使用して第三の有機絶縁膜32をエッチングすると、第三の有機絶縁膜32にはビアホールパターン形状の開口32aが形成される。この場合、フォトレジスト34も同時にエッチングされて除去される。第三の有機絶縁膜32のエッチングはO<sub>2</sub>とアルゴン(Ar)を導入した雰囲気において行なわれ、その際、SiO<sub>2</sub>膜がエッチングされることはない。

【0029】これ以降の工程における有機絶縁膜とSiO<sub>2</sub>膜のそれぞれのエッチングは、上記と同様のエッチング方法を採用する。次に、図4(c)に示すように、第四のSiO<sub>2</sub>膜33の上と開口33a、32aの中にフォトレジスト膜36を塗布し、これを露光、現像することにより、ビアホールパターン形状の開口32a、33aを通る配線パターン形状の窓36aを形成する。

【0030】続いて、図5(a)に示すように、フォトレジスト膜36をマスクにして、窓36aを通して第四のSiO<sub>2</sub>膜33をエッチングすることにより、第四のSiO<sub>2</sub>膜33に配線パターン形状の開口33bを形成する。その後、図5(b)に示すように、フォトレジスト膜36の上面、フォトレジスト膜36の窓36aの内面、第四のSiO<sub>2</sub>膜33の開口33bの内面、第三の有機絶縁膜32の開口32aの内面、第三のSiO<sub>2</sub>膜31の開口31aの内面及び開口31aから露出している第二の有機絶縁膜30の上面に沿って窒化チタン(TiN)よりなる第二のバリアメタル膜37を形成する。この段階では、第二の有機絶縁膜30には開口が形成されていないので従来に

比べてTiN バリアメタル膜37のカバレッジは良好である。そのTiN バリアメタル膜37は、反応ガスとしてTDMAT又はTDEATを使用して有機金属気相成長法(MOCVD法)によって20~50nmの厚さに形成する。この膜厚は、フォトレジスト膜36の上における値である。

【0031】次に、シリコン基板21をエッチングチャンバ(不図示)内に入れ、そこでランプを用いてシリコン基板21の上のSiO<sub>2</sub>膜、有機絶縁膜などを加熱し、例えば第二及び第三の有機絶縁膜30、32と第三及び第四のSiO<sub>2</sub>膜31、33を250℃になるまで加熱する。続いて、ランプの照射を停止し、停止から1分経過後にHeガスで希釈したClF<sub>3</sub>ガスをエッチングチャンバ内に導入する。この場合、エッチングチャンバ内の全ガス圧力を0.2Torrとし、ClF<sub>3</sub>分圧が9mTorr となるようにClF<sub>3</sub>ガスの流量を調整する。

【0032】このようなエッチング処理によれば、図6(a)に示すように、第四のSiO<sub>2</sub>膜33の開口32bの内周面上と第三のSiO<sub>2</sub>膜31の開口31aの内周面上にTiN バリアメタル膜37が選択的に残る一方、第二及び第三の有機絶縁膜30、32の表面とフォトレジスト膜36の表面からはTiN バリアメタル膜37が除去される。この場合、第四のSiO<sub>2</sub>膜33の開口32bの内周面上と第三のSiO<sub>2</sub>膜31の開口31aの内周面上に残るTiN バリアメタル膜37の膜厚は10~40nmとなる。

【0033】なお、バリアメタル膜37は、後の工程で形成される銅がSiO<sub>2</sub>膜に拡散することを防止するために必要となっている。このようにSiO<sub>2</sub>膜の露出部分にだけTiN が選択成長するのは次のような理由による。即ち、低誘電率材料である有機絶縁膜とSiO<sub>2</sub>膜を同時に250℃まで加熱した後に加熱を停止すると、加熱停止後の経過時間と膜温度変化の関係は図8に示すようになり、温度減衰速度はSiO<sub>2</sub>膜よりも有機系低誘電体膜の方が遅くなることが分かる。

【0034】しかも、TiN 膜のエッチングレートと温度との関係は図9のようになり、温度が高い方がTiN 膜のエッチングレートが大きくなることがわかる。図9によ

れば、加熱停止から60秒経過した時点において、SiO<sub>2</sub>膜の温度は50℃となってその上のTiN 膜のエッチングレートは40Å/分(4nm/分)となるのに対して、有機系低誘電率膜の温度は150℃となってその上のTiN 膜37のエッチングレートは約5×10<sup>3</sup> Å/分(5×10<sup>2</sup> nm/分)となって2桁の違いがある。

【0035】以上のように、開口33bと開口31aの各々の内周面上にTiN バリアメタル膜37を選択的に残した後に、図6(b)に示すように、第三のSiO<sub>2</sub>膜31と第四のSiO<sub>2</sub>膜33をマスクに使用して第二の有機絶縁膜30と第三の有機絶縁膜32をエッチングし、これと同時に、フォトレジスト膜36をエッチングして除去する。これにより、第二の有機絶縁膜30にはビアパターン形状の開口30aが形成され、また、第三の有機絶縁膜32には配線パターン形状の開口32bが形成される。

【0036】この場合、配線パターン形状の開口32bは、ビアパターン形状の開口32aを含む領域に形成されるので、ビアパターン形状の開口32aは消滅する。そのエッチングは、O<sub>2</sub>とN<sub>2</sub>とアルゴンを含むガスを用いる反応性イオンエッチングにより行われ、この場合エッチング雰囲気中の圧力は0.02Torr、酸素分圧は0.01Torrである。

【0037】この場合、第二の有機絶縁膜30及び第三の有機絶縁膜32において垂直方向に優れた異方性エッチングが進むのは、有機系低誘電率膜のエッチングの際には、TiN バリアメタル膜37と有機絶縁膜との酸素ラジカル、水素ラジカルの消滅速度の違いに起因する。即ち、表1に示すように酸素ラジカル、水素ラジカルの反応確率は、金属膜よりも有機絶縁膜の方が小さくて、酸素ラジカルは金属膜の表面を通過することにより減少する。したがって第三の有機絶縁膜32の酸素ラジカルによるエッチング速度が抑制され、その開口32aの側方へのエッチング制御が容易になるからである。

【0038】

【表1】

各種材料膜上での酸素ラジカル、水素ラジカルの反応確率

材 料	酸素ラジカル	水素ラジカル
二酸化シリコン	0.02	0.05
窒化シリコン	0.02	0.05
FLARE2.0 (商品名)	0.12	0.10
SILK (商品名)	0.12	0.09
ALCAP (商品名)	0.12	0.08
PAE (商品名)	0.15	0.10
窒化タングステン	0.85	0.85
窒化チタン	0.83	0.90
窒化タンタル	0.78	0.72
銅	0.90	0.91

【0039】以上の有機絶縁膜のエッチングによって、第二の有機絶縁膜30と第三のSiO<sub>2</sub>膜31に形成された

開口30a、31aはビアホール39として使用され、また、第三の有機絶縁膜32と第四のSiO<sub>2</sub>膜33に形成

された開口32b、33bは配線用溝38として使用される。次に、図7(a)に示すように、配線用溝38の内面とビアホール39の内面と第四のSiO<sub>2</sub>膜33の上面に沿って銅よりなるシード膜40を150nmの厚さに形成した後に、シード膜40を電極に使用して電解メッキ法によりシード膜40の上に第二の銅(Cu)膜41を形成して第二の銅膜41をビアホール39の中と配線用溝38の中に埋め込む。

【0040】さらに、加熱によって第二のCu膜41をリフローして埋め込み特性を改善した後に、第二のCu膜41を化学機械研磨によって研磨して第四のSiO<sub>2</sub>膜33の上面から除去する。これにより、図7(b)に示すように、配線用溝38の中に残った第二のCu41を第二の配線42として使用するとともに、ビアホール39の中に残った第二のCu膜41をビア43として使用する。

【0041】以上のような工程により形成されたビア43と第一の配線29のコンタクト抵抗とビア43の径との関係を調べたところ図10の実線のようにになった。また、図2(c)に示したビア10に銅を埋め込んで形成したビアの径とこのビアと配線5とのコンタクト抵抗との関係を調べたところ図10の破線のようにになった。このように本実施形態によってコンタクト抵抗が低下したのは、第二の有機膜30に開口30aを形成する前に、その上のバリアメタル膜37が上記したエッチングにより除去されて第一の配線29の上に残ることはないことと、配線用溝38の内周面とビア39の内周面にそれぞれ残されたバリアメタル膜37は成膜後に少しエッチングされることによって銅がビア39に埋め込み易くなったことによる。

【0042】なお、上記した層間絶縁膜の一部にはSiO<sub>2</sub>膜を用いているが、そのSiO<sub>2</sub>膜の代わりに不純物を含むSiO<sub>2</sub>膜、窒化シリコン膜、その他の無機絶縁膜を用いてもよい。また、第二のバリアメタル膜37としては、TiNの他にタンタル(Ta)、窒化タンタル(TaN)、タングステン(W)、窒化タングステン(WN)を用いてもよい。

#### 【0043】

【発明の効果】以上述べたように本発明によれば、有機絶縁膜と無機絶縁膜の温度の減衰速度の違いにより、それらの露出面(例えば開口内周面)に形成された金属膜のエッチングレートを異ならせることによって無機絶縁膜の露出面(開口内周面)にのみ選択的に金属膜を残すようにした。

【0044】この結果、シングルダマシン法やデュアルダマシン法を適用して有機絶縁膜と無機絶縁膜に配線用溝やビアホールを形成する際に、無機絶縁膜の開口の内周面にのみ金属膜を形成することができる。無機絶縁膜の開口の内周面に残る金属は、わずかながらエッチングされて成膜時よりも薄くなるので、その開口の中にさらに導電膜(例えば銅)を埋め込む場合には、その埋め込

みが容易になる。

【0045】また、無機絶縁膜に形成された開口を通してその下の有機絶縁膜をエッチングする場合には、無機絶縁膜の開口の内周面に残された金属によって等方的なエッチングの原因となるエッチャントの数が減少するので、有機絶縁膜の等方性のエッチングが進み難くなって、垂直方向に異方性エッチングが進み易くなり、この結果、有機絶縁膜に形成される開口の寸法精度を従来よりも高くすることができる。

10 【0046】この場合、金属膜が形成される領域は、無機絶縁膜の開口の内周面と開口の直下の有機絶縁膜の上面であるために、加熱後の温度の原衰速度の違いに基づいて、有機絶縁膜の上の金属膜は選択的に除去されるので、有機絶縁膜の開口の下の下側配線の上に金属膜が残ることはなくなり、開口に埋め込まれる導電膜と下側配線とのコンタクト抵抗を従来よりも低くすることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

20 【図1】図1(a)～図1(c)は、従来のデュアルダマシン法におけるビア及び配線溝の形成工程を示す断面図である。

【図2】図2(a)は、図1(c)に示すビアの実際の形状を示す断面図、図2(b)は、ビア及び配線溝の内面に沿ってバリアメタルを形成した状態を示す断面図である。

【図3】図3(a)～図3(c)は、本発明の実施形態に係るデュアルダマシン法により半導体装置での配線とビアを形成する工程を示す断面図(その1)である。

30 【図4】図4(a)～図4(c)は、本発明の実施形態に係るデュアルダマシン法により半導体装置での配線とビアを形成する工程を示す断面図(その2)である。

【図5】図5(a)、(b)は、本発明の実施形態に係るデュアルダマシン法により半導体装置での配線とビアを形成する工程を示す断面図(その2)である。

【図6】図6(a)、(b)は、本発明の実施形態に係るデュアルダマシン法により半導体装置での配線とビアを形成する工程を示す断面図(その3)である。

【図7】図7(a)、(b)は、本発明の実施形態に係るデュアルダマシン法により半導体装置での配線とビアを形成する工程を示す断面図(その3)である。

40 【図8】図8は、本発明の実施形態におけるSiO<sub>2</sub>膜と有機絶縁膜との加熱停止後の経過時間とそれらの膜の温度との関係を示す図である。

【図9】図9は、本発明の実施形態における窒化チタン膜のエッチングレートと温度との関係を示す図である。

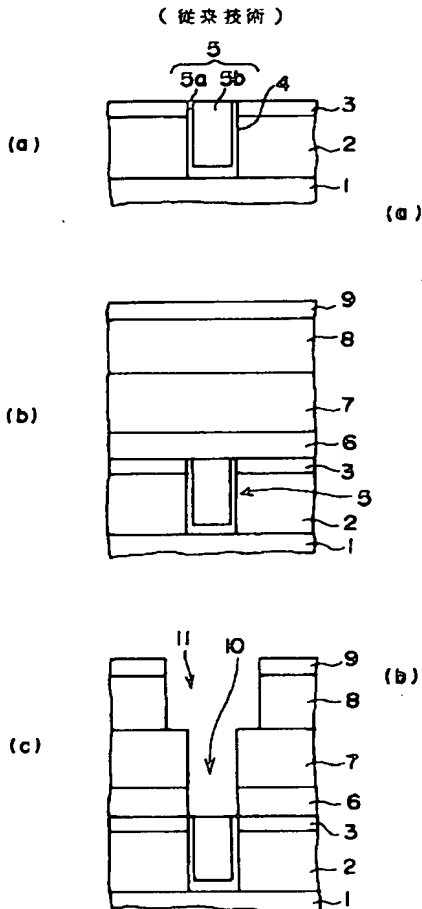
【図10】図10は、本発明の実施形態により形成したビアの径とビアコンタクト抵抗との関係と、従来の方法により形成したビアの径とビアコンタクト抵抗との関係を示す図である。

#### 【符号の説明】

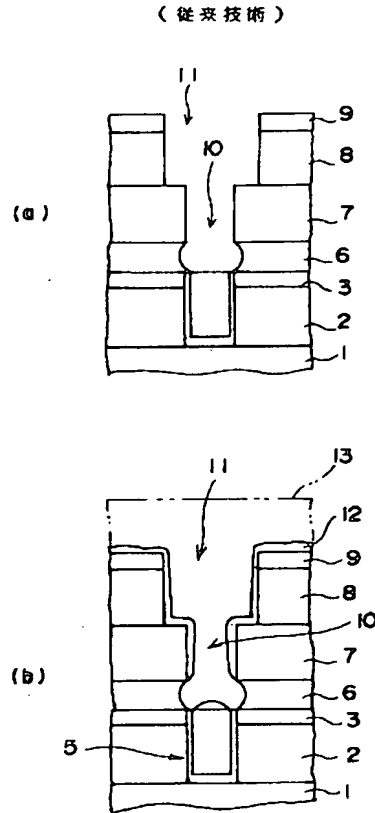
50 21…シリコン基板、22…第一のシリコン酸化膜、2

3…第一のシリコン窒化膜、24…第一の有機絶縁膜、  
25…第二のシリコン酸化膜、26…第一の配線用溝、  
27…第一のバリア金属膜、28…第一の銅膜、29  
…第一の配線、30…第二の有機絶縁膜、31…第三の  
シリコン酸化膜、32…第三の有機絶縁膜、33…第四

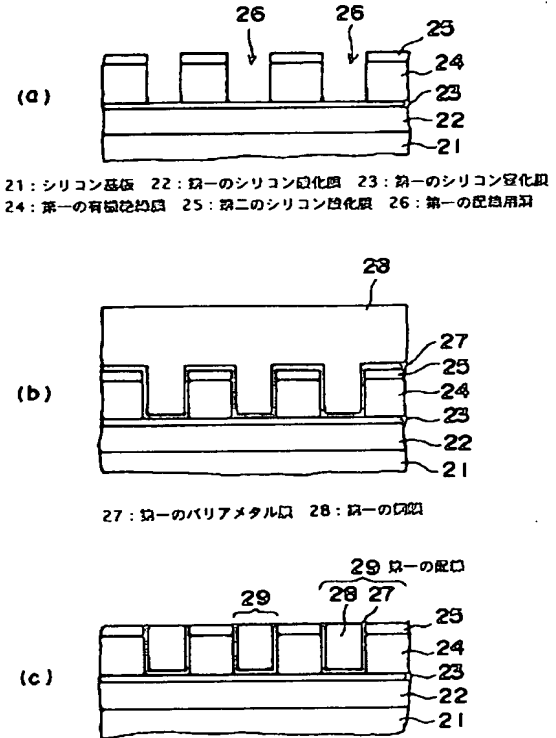
【図1】



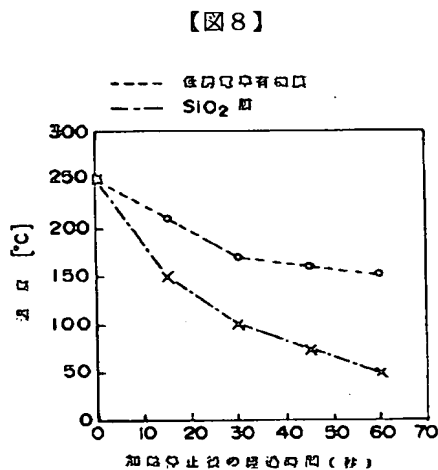
【図2】



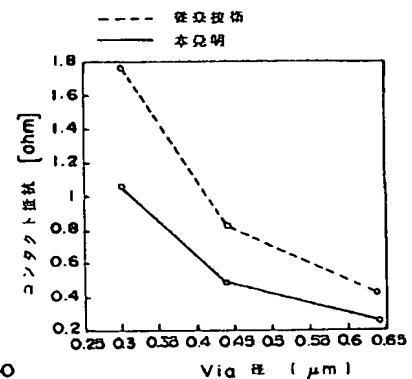
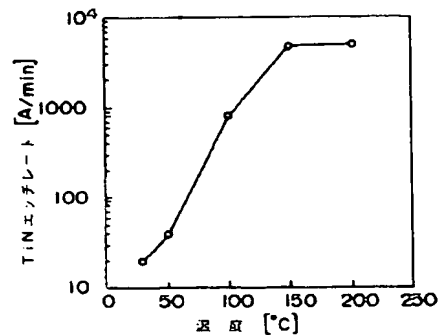
【図3】



【図10】

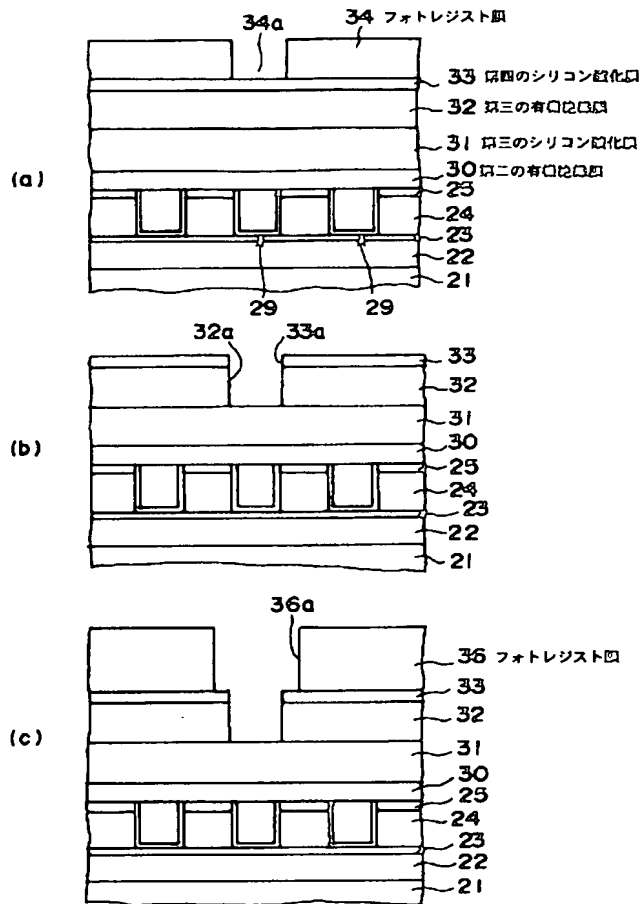


【図9】

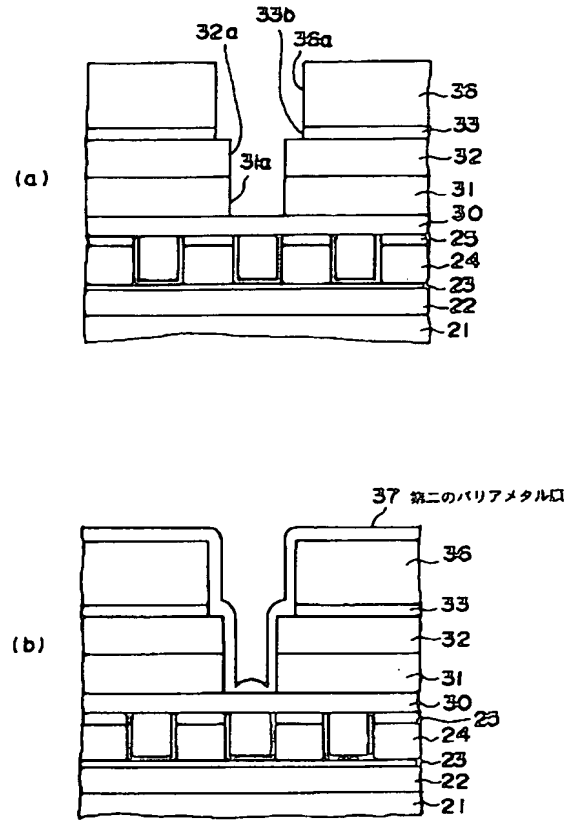




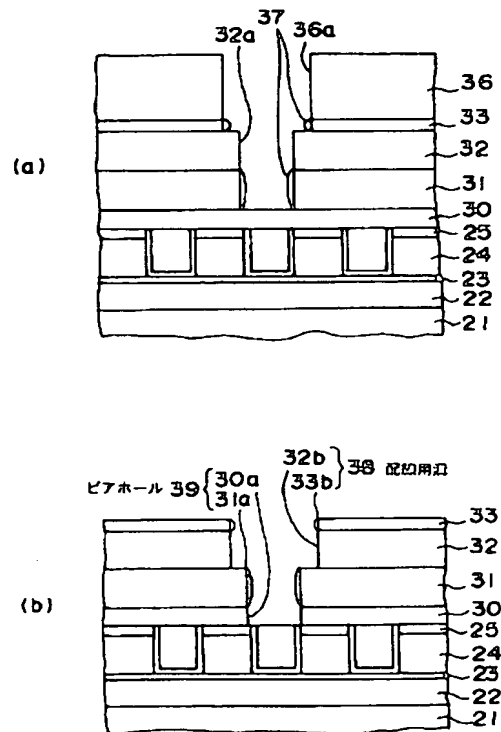
【図4】



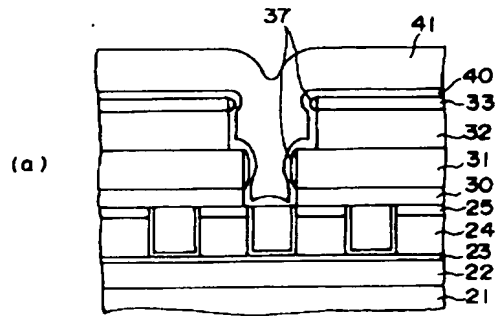
【図5】



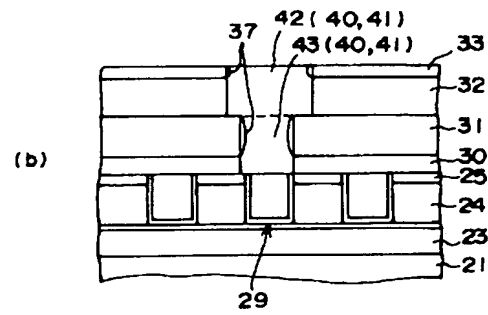
【図6】



【図7】



40: シード膜 41: 第二の銅膜



42: 第二の配線 43: ピア